



TITLE:

強磁性細線を用いた電流誘起磁壁 回転現象の研究(Abstract_要旨)

AUTHOR(S):

平松, 亮

CITATION:

平松, 亮. 強磁性細線を用いた電流誘起磁壁回転現象の研究. 京都大学, 2015, 博士(理学)

ISSUE DATE:

2015-03-23

URL:

<https://doi.org/10.14989/doctor.k18821>

RIGHT:

学位規則第9条第2項により要約公開

(続紙 1)

京都大学	博 士 (理 学)	氏名	平松 亮
論文題目	強磁性細線を用いた電流誘起磁壁回転現象の研究		
<p>(論文内容の要旨)</p> <p>強磁性体中の磁壁に電流を流した時、スピントランスファートルク(STT)によって磁壁は電子方向に移動する。断熱STTが支配的である時、STTによって磁壁内の磁気モーメントは歳差運動(磁壁回転)を誘起される。磁壁が強く局在している場合では磁壁移動を起こさずに磁壁回転のみを誘起することが可能であり、磁壁回転を利用した高周波発振器への応用が期待できる。本研究では、磁壁が局在する構造の作製、および電流誘起磁壁回転の実証を目的としている。近年、構造反転対称性が破れた強磁性体中に発現するジャロシンスキー・守谷相互作用(DMI)が注目されている。DMIは非対称交換エネルギーを与え、隣接する磁気モーメントがねじれた構造を安定化させる。安定性はDMIの強さに依存するので、その強さを見積もることは重要である。本研究では、DMIの強さの定量的に見積もる手法を確立することを目的としている。</p> <p>NiFeからの漏れ磁場を用いたCo/Ni細線中の磁壁ピンング</p> <p>本研究では、磁壁のピンング方法として、NiFe積層構造からの漏れ磁場を利用する方法を調査した。垂直磁気異方性を有するCo/Ni多層膜をホールクロスに有する細線形状に加工し、Co/Ni細線上部に局所的に長方形形状のNi₈₁Fe₁₉/SiO₂積層膜を蒸着した。電氣的測定手法および磁気力顕微鏡を用いた直接観察から、NiFeからの漏れ磁場は磁壁をピンングする方法として有効であることを明らかにした。</p> <p>磁場と電流の同時印加による磁壁回転運動の誘起</p> <p>本研究では、Co/Ni細線内の磁壁に磁場と電流を同時に印加した時の磁壁ダイナミクスを調査した。スピントルクと磁場トルクが反対の方向に磁壁を駆動させるように電流と磁場を印加し、その時のホール抵抗を測定した。その結果、デピンング磁場以上の磁場を印加しても磁壁がホールクロス内に局在する、特異な抵抗変化が観測された。この現象を解明するために磁壁運動方程式の1次元モデルおよびマイクロマグネティックシミュレーションを用いて解析を行い、磁壁がホールクロス内に局在した状態での磁壁回転が誘起されたことを明らかにした。</p> <p>ジャロシンスキー・守谷相互作用の大きさの見積もり</p> <p>本研究ではDMIの大きさを見積もるために360°磁壁構造の安定性に着目した。マイクロマグネティックシミュレーションを用いて、外部磁場と360°磁壁構造内の安定性、すなわち磁場によって磁壁同士が対消滅する磁場(H_{annih})の関係を調査した。H_{annih}はDMIの強さに対して線形に増加することを明らかにし、H_{annih}がDMIの強さを見積もる良い指標になることを示した。</p>			

(論文審査の結果の要旨)

本論文は、「電流誘起磁壁回転現象の解明」および「ジャロシンスキー・守谷相互作用の大きさの見積もり」の2つの内容で構成されている。

強磁性体中の磁壁を利用した高周波発振素子として提案されている磁壁回転発振器を実証するために、垂直磁気異方性を有するCo/Ni細線を用いて、磁壁位置制御のために2種類の方法を用いた。1つ目はNiFe積層膜からの漏れ磁場を利用する方法で、異方性磁気抵抗効果を利用した電気測定と磁気力顕微鏡を用いた直接観察を行い、磁壁がNiFe積層部の近傍にピンングされることを示した。この成果は、他の強磁性体からの漏れ磁場を利用することで、垂直磁気異方性を有する強磁性細線内の磁壁位置を制御できることを示したという点で意義のある結果である。2つ目は電流と磁場の同時印加を用いる方法で、反対方向に磁壁を駆動するように磁場と電流を印加してホール抵抗を測定した。その結果、デピンング磁場以上の大きな磁場を印加しても、磁壁がホールクロス内に局在することを見出した。この特異な現象を解明するために、磁壁運動方程式の1次元モデルおよびマイクロマグネティックシミュレーションを用いた解析を行い、磁場と電流印加という単純な条件で磁壁が局在した状態での磁壁回転が誘起されたことを示した。この成果は、初めて磁壁が局在した状態での磁壁回転を示した点で意義のある結果である。

ジャロシンスキー・守谷相互作用(DMI)の強さを見積もるために、DMIが強い系ではホモカイラルなネール磁壁構造が安定構造となり、隣り合う磁壁が反平行配置となることを利用して、DMIの強さと磁場によって隣接する磁壁が対消滅する時の磁場(H_{annih})の関係を調査した。マイクロマグネティックシミュレーションを用いた解析を行い、DMIが困難軸異方性エネルギーよりも大きい時に安定構造として360°磁壁構造を形成することを示し、DMIの強さに対して H_{annih} が線形に増加することを明らかにした。これは、 H_{annih} を測定することでDMIの強さを定量的に決定できることを示している。この成果は、DMIの強さを見積もる新しい方法を与えたという点で意義のある結果である。

よって、本論文は博士（理学）の学位論文として価値あるものと認める。また、平成27年1月13日、論文内容とそれに関連した事項について試問を行った結果、合格と認めた。